

切削加工におけるウルトラファインバブルの効果

Effect of Ultra Fine Bubble on cutting

〔Hashimoto Technical Industry Co., Ltd.〕 (株)橋本テクニカル工業 橋本 直幸*、沖 富士夫**
〔Aisin Seiki Co., Ltd.〕 アイシン精機(株) 橋爪 進***

〔Yamaguchi Mfg Co., Ltd.〕 (株)山口製作所 山口 貴史*****

1. はじめに

研削加工向けのマイクロバブル発生装置は、研削盤メーカーのみならず、マイクロバブル発生装置メーカーがいろいろなタイプを製造・販売している。一方、切削工程におけるマイクロバブルの活用は、研削加工ほどは進んでいない。本稿では、マイクロバブルよりもさらに小さなウルトラファインバブルが切削加工におよぼす効果とメカニズムを発表する。

2. バブルのサイズ

マイクロバブルは0.1 mm～1 μm (1,000 nm) であり、それより小さい1 μm (1,000 nm) 以下のものをウルトラファインバブル (以下、UFB) と呼ぶ。

*Naoyuki Hashimoto : 代表取締役

**Fujio Oki :

〒939-2632 富山県富山市婦中町外輪野 12002-1

***Susumu Hashidume : 工機工場

〒445-0801 愛知県西尾市南中根町小割 80

*****Takashi Yamaguchi : 代表取締役

〒947-0101 新潟県小千谷市片貝町 10245-1

表1 ウルトラファインバブル発生装置の比較

バブル径 (nm)	内部圧力 (気圧)	用途	メーカー
1,000	3.8	洗濯機	東芝
100	29.4	シャワーヘッド	田中金属
13.7	209.9	異次元くん	橋本テクニカル工業

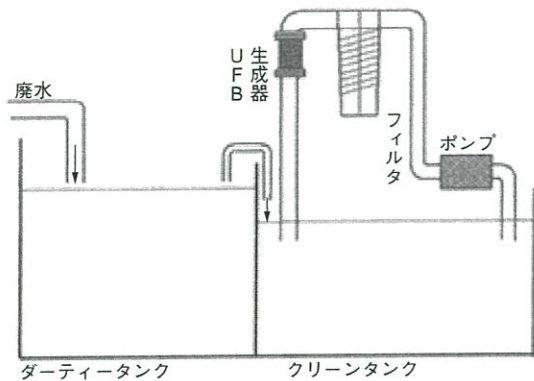


図1 設置イメージ

他社で使用されている UFB は 1,000～100 nm 前後が多い。一方、「異次元くん」は、最小径 13.7 nm の UFB を発生できる (表 1)。また、異次元くんの内部圧力を算出すると 209.9 気圧となり、これにより非常に高圧なバブルが発生する。

3. UFB の特徴

マイクロバブルに比べて、UFB の優位な点とその理由を以下に挙げる。

- ① バブルが消滅しにくい (長寿命)
 - ・サイズが小さく浮力がほとんどない。
 - ・ブラウン運動による不規則運動。
- ② 非結合性 (長寿命)
 - ・バブルがマイナスにイオン化するため UFB 同士が結合せず、バブルが大きくなるらない。
- ③ 自己圧壊時における高温・高圧状態による衝撃波の発生

①～③の理由により、UFB をクリーンタンク内で循環させるだけで従来の注水経路をまったく変更せずに使用でき (図 1)、しかも複数台の工作機械を異次元くん 1 台で対応できる。異次元くんの場合、機械停止後で、3～7 日程度効果が維持できる。また、加工液の入替え時には事前に 12～24 時間稼働させ、UFB のサイズを小さくする。

4. 工具寿命改善のメカニズム

旋盤加工において切削液を十分に供給しても、切りくずが青色に変色していることが多々ある。刃先に十

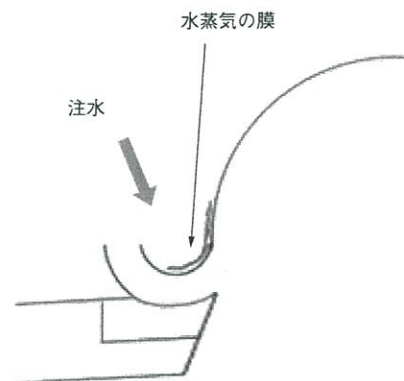
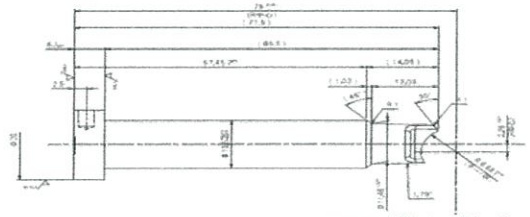


図2 旋盤加工時の膜

表2 焼入れ材の旋盤加工

従来の条件	UFB後の条件
切込み量 片0.2mm	片0.5mm
周速 120m	150m
送り 0.12m	0.15m
加工時間 12分	5分11秒

加工機：NC 旋盤、ワーク材質：SKD61、硬さ：HRC 49±1



φ19mm 丸棒より削り出し

コアピン形状

分に注水しているのになぜだろうか。

切りくずが100℃以上になると、切りくずの表面に水蒸気の膜が発生する(図2)。その膜が切りくずを覆い、冷却効果を大幅にダウンさせる。それゆえ刃先はさらに加熱して、工具の消耗破損につながる。

一方、UFBを含む水では、自己圧壊時に高温・高圧の状態の衝撃波により水蒸気の膜を減少もしくは消滅できる。そのため従来できなかった超高速加工と切削工具の寿命アップが両立する。これを実現するシステムが異次元くんである。UFB発生ユニットは「ナノクラッシャー」と呼ぶ。

ドリル加工やエンドミル加工の場合、工具先端までは切削液を給水できないが、工具および切りくず、ワークを冷却することにより工具刃先の冷却が可能になる。センタースルーの工具においても効果があり、センタースルーの高圧の切削水でも水蒸気の膜は発生していることになる。ただし、すべての工具で効果が出るわけではない。

異次元くんは工具刃先の消耗を冷却効果により抑制するシステムである。したがって下記の工具では、効果が出ない。

- ① 再研磨せずに使用する工具
- ② 新品時から刃先にRが付いている(高送り工具)
- ③ チップの逃げ、すくい角が少なく、ほぼ90°の場合

また、旋盤加工においては従来のチップより、すくい角の大きいチップに変更する方法を推奨したい。そ

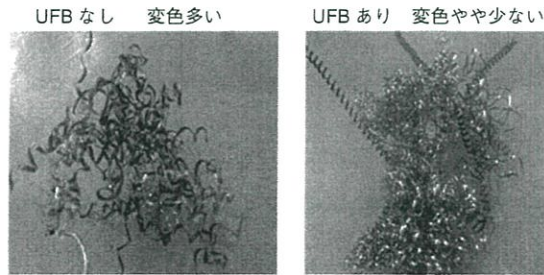


図3 旋盤加工したコアピン形状(上)と切りくずの比較

ワーク材質：SM490(熱処理なし)、ラフィングφ20 エンドミル

従来の条件	UFB後の条件
Z軸切込み 15m	同様
X軸切込み 12m	同様
周速 25m/min (送り 0.2m/rev)	同様
寿命 3,000mm	寿命 18,000mm (6倍)
(ロードメーター 45~50%)	(ロードメーター 40~50%)

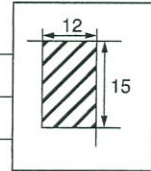


図4 マシニングセンタ(BT50)での加工データ

の場合、チップの寿命は短くなるが、UFBの冷却効果によって工具寿命が改善できる。

UFBの効果を検証するため、従来条件との比較を行った。表2と図3に焼入れ材の旋盤加工データを、図4にSM490(熱処理なし)のマシニングセンタによる加工データを示す。

5. まとめ

切削加工におけるUFBの効果は大きく、まさに“異次元”の加工を実現する。しかし、バブルのサイズと数量についての最適値もしくは許容値の検証は今後のテーマである。

UFB (ウルトラファインバブル) と工具寿命アップ

Tool life improves by using Ultra Fine Bubble

[AISIN CORPORATION] (株)アイシン

[Hashimoto Technical Industry Co.,Ltd.] (株)橋本テクニカル工業

進**
橋爪 正直**
花井 幸***
橋本 富士夫***
沖

1. はじめに

当社では自動車部品製造のための金型を内製しており、「先進生産技術を支える高精度金型づくり」を目指し、活動を行っている。活動を進める中で強冷却を狙った冷却配管深穴化に伴い、荒工程における加工難易度が上がってきている。その中でも金型加工品質を維持するためには刃具の欠損を減らす施策が必要と捉え、冷却性向上アイテムの検証を進めてきた。その一つとして当社では、nm オーダーの微細な泡 (UFB) の特性に着目し、検証を進めている。今回 UFB を水溶性切削液に添加することで、切削刃具の摩擦を抑えられるという知見が得られたので、その内容を述べる。

*Susumu Hashizume、**Masanao Hanai : グループ生産技術本部 金型工機部 統括室 業務革新 DX 推進課
〒445-0801 愛知県西尾市南中根町小割 80
***Naoyuki Hashimoto : 代表取締役
****Fujio Oki : 製造部
〒939-2632 富山県富山市婦中町外輪野 12002-1

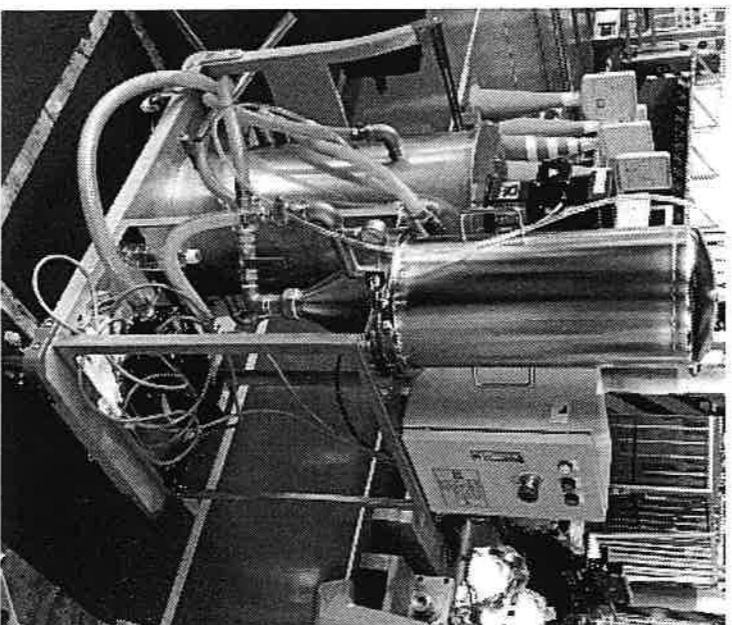


図 1 装置外観

表 切削加工条件

加工機	横型マシニングセンタ
被削材	SKD61 相当材
工具	超硬ドリル (φ8.6、新品)
切削液	ソリュブル系 (8%)
加工条件	4,000 min ⁻¹ 、2,000 mm/min

また、そのメカニズムについての推測も加える。

2. UFB とは

UFB は液体に添加することで、以下のような変化をもたらすと言われている。

- ① 冷却性 (浸透性) の向上
- ② 電位吸着による微粒子除去¹⁾

また、使用した装置の外観を図 1 に示す。

3. 切削加工による検証

表に加工条件を示す。今回実施した検証では水溶性切削液を使用し、その際バブルの有無それぞれで刃先摩擦の確認を行った。

本試験では被削材に深さ 50 mm の直穴を連続であけていき、0.2~0.5 m ごとに刃先の逃げ面摩擦量を測定、比較した。その結果を図 2 に示す。同図は横軸に総加工長、縦軸に摩擦量を記載している。同図から、UFB の添加により初期摩擦の発生が抑えられること、総加工長が伸びた場合もバブルなしに比べ、バブルありの摩擦量は常に低い値を示していることがわかる。

一例として、3.0 m 加工後の逃げ面観察結果を図 3 に示す。バブルなしに比べ、バブルありの方が稜線に対する刃先の後退量が小さいことがわかる。

以上より、UFB の添加で切削加工時の刃先初期摩擦を遅らせること、および摩擦の総量を減らす効果が確認された。

4. UFB の効果のメカニズム推測

前項における刃具摩擦抑制に寄与したと推測される UFB の冷却性 (浸透性) 向上効果について、今回は液体の濡れ性が起因していると仮説をたてて検証を実

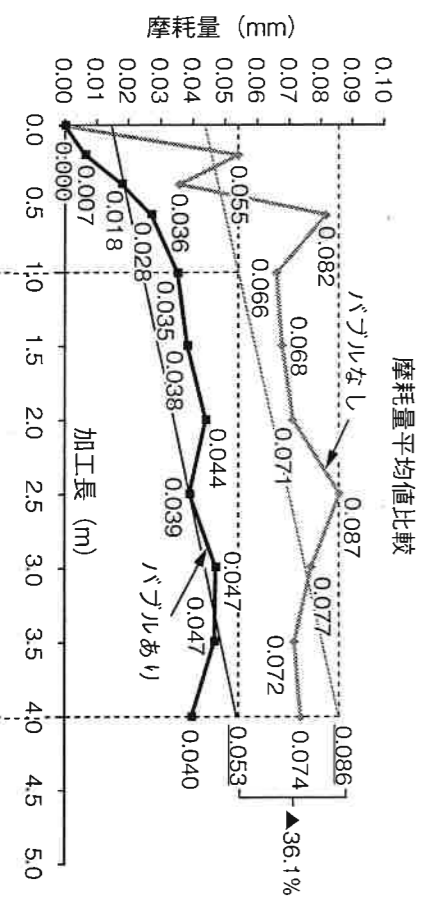


図 2 総加工長に対する摩擦量

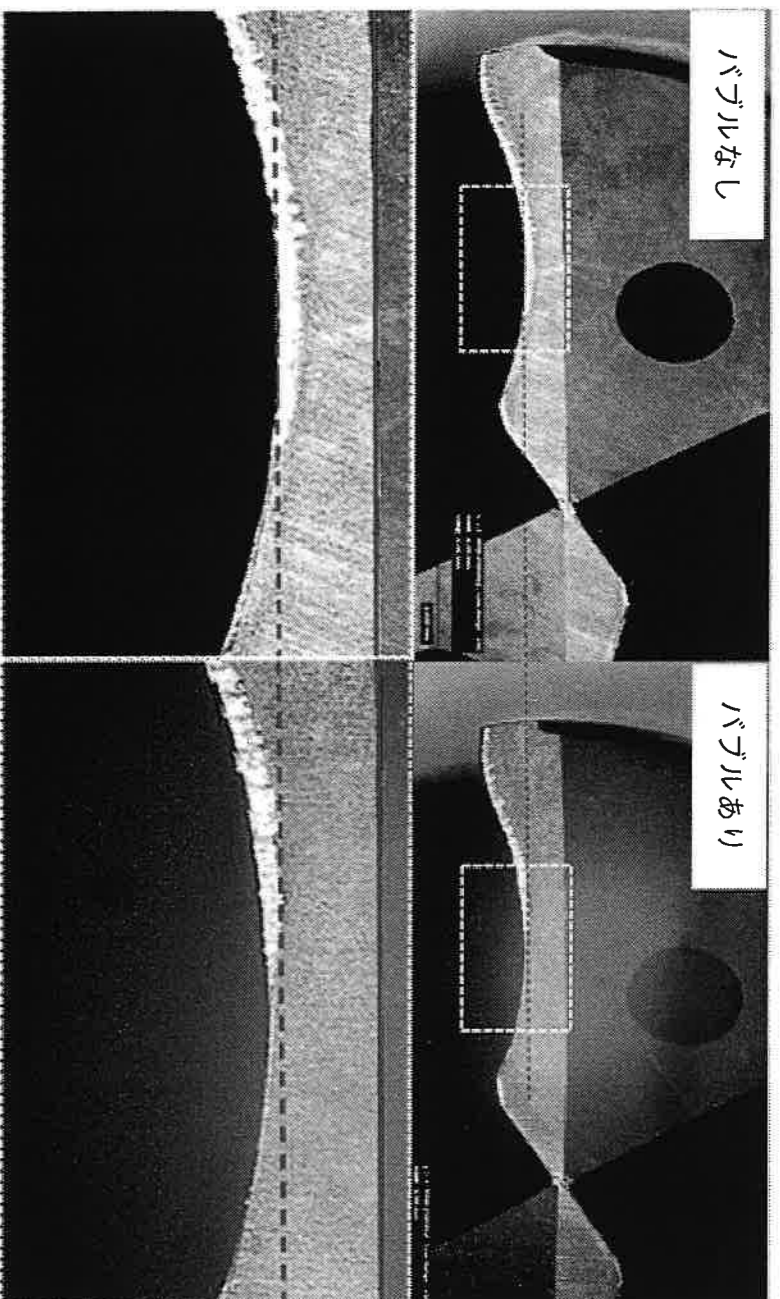


図3 3.0 m加工後の逃げ面観察結果

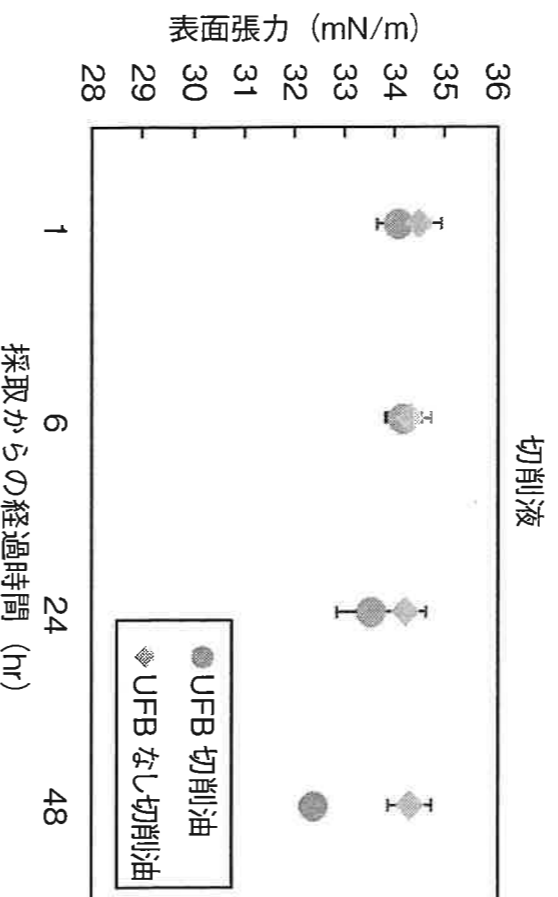


図4 経過時間に対する表面張力

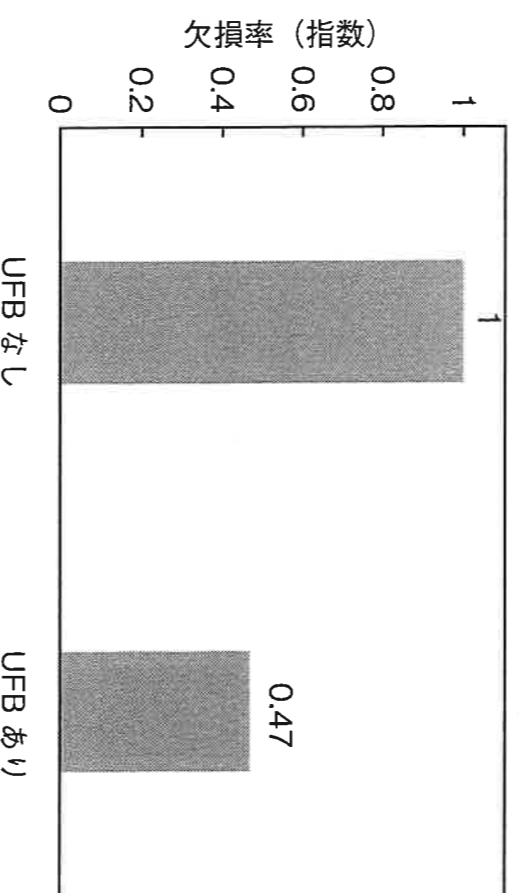


図5 欠損率 (UFBB なし期間の欠損率を1とした)

施した。内容としては濡れ性と相関があると予想される表面張力の測定を実施した。なお測定液は前項で使用したモノと同一とし、相当な時間での装置運転でUFBBを満たしたのち溶液を採取、測定した。その結果を図4に示す。同図ではUFBBの入った切削液をUFBB切削液、通常の切削液をUFBBなし切削液としている。結果から、採取からの時間経過とともにUFBB切削液の表面張力は低下していることがわかる。表面張力低下と濡れ性向上には相関があると考えられるので、UFBBの添加は液体の濡れ性向上を引き起こしたと推測している。今後濡れ性に関して、より詳細に検証を進めていくつもりである。この変化が、冷却性(浸透性)向上に寄与したのではないかと推測する。

5. 効果

当社では2021年UFBB発生器を導入し、刃具欠損数を月ごとに集計している。その結果を図5に示す(UFBBあり、なしどちらも3カ月間集計)。同図から欠損数は減少していることがわかる。しかし、冷却穴

および金型構造はさまざまであり、より確からしい評価を実施していく必要がある。

6. まとめ

切削液にUFBBを添加することは、加工時の刃具摩耗抑制に有効であることが見えてきた。またUFBBを添加することは、液体の濡れ性を向上する効果があると考えている。

今後はUFBBの適用範囲のさらなる拡大、および切りくず排出促進効果の検証によりメカニズムの解明を進めようと考えている。

参考文献

- 1) 高山敦好：加圧溶解攪拌によるUFBB水の生成、混相流、Vol. 34, No. 1 (2020)